

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-122642

(43)Date of publication of application : 17.05.1996

(51)Int.Cl.

G02B 17/08
G02B 27/02

(21)Application number : 06-262653

(71)Applicant : OLYMPUS OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 26.10.1994

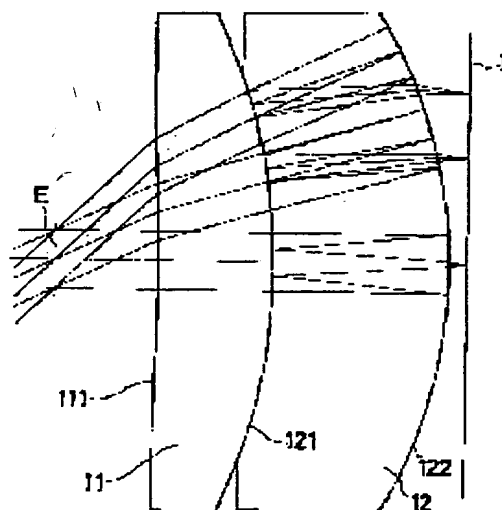
(72)Inventor : KENNO KOKICHI

(54) OPTICAL SYSTEM**(57)Abstract:**

PURPOSE: To use as optical system as both an image pickup up and an ocular optical system by providing the optical system with a specific translucent curved surface and arranging a refractive optical element nearby a homocentric optical system, and then excellently compensating curvature of field and a comatic aberration almost to a 120° field angle and a 15mm pupil diameter.

CONSTITUTION: This optical system consists of a refracting optical element 11 with power, a homocentric optical system 12 consisting of two translucent curved surfaces having concave surfaces facing a pupil plane E, a refracting surface 111 of the refracting optical element 11 on the side of the pupil plane E, the translucent curved surface 121 of the optical system 12 on the side of the pupil side E, and a translucent curved surface 122 of the optical system 12 on the side of the image plane I.

In this case, the refracting optical element 11 is arranged which refracts off-axis luminous flux to the pupil-plane E side of the homocentric optical system 12 with positive power and decreases the field angle of the off-axis luminous flux incident on the homocentric optical system 12 so as to widen the observation field angle. Consequently, the curvature of field caused at the time of reflection by the surfaces 121 and 122 and reflection by the surface 122 can easily be compensated by the surface 121.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-122642

(43) 公開日 平成8年(1996)5月17日

(51) Int.Cl.⁵

G 0 2 B 17/08
27/02

識別記号

A
Z

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号

特願平6-262653

(22) 出願日

平成6年(1994)10月26日

(71) 出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72) 発明者 研野孝吉

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号オリン
パス光学工業株式会社内

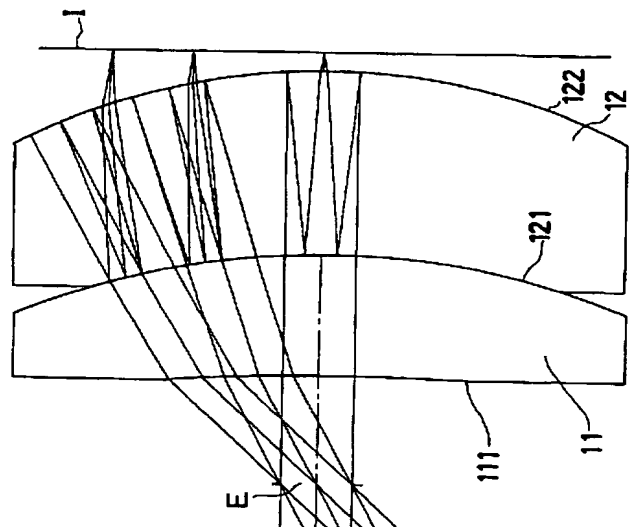
(74) 代理人 弁理士 荏澤 弘 (外7名)

(54) 【発明の名称】 光学系

(57) 【要約】

【目的】 画角120°前後及び瞳径15mm前後まで
像面湾曲とコマ収差の両収差が良好に補正され、撮像・
接眼両光学系に使用できる光学系

【構成】 2つの半透過曲面121、122を持ち、2
つの半透過曲面121、122は瞳面E側に凹面を向け
て配置され、2つの半透過曲面121、122は、各々
少なくとも1回の光線の透過と少なくとも1回の光線の
反射をするように配置された共心光学系12の瞳面E側
又は像面I側の何れか一方又は両側に屈折光学素子11
を配置している。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも 2 つの半透過曲面を持ち、前記の少なくとも 2 つの半透過曲面は瞳面側に凹面を向けて配置され、前記の少なくとも 2 つの半透過曲面は、各々少なくとも 1 回の光線の透過と少なくとも 1 回の光線の反射をするように配置された共心光学系の近傍に、少

$$f_1 > 0$$

$$|1/R_{01}| < |1/R_{02}|$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 記載の光学系。

【請求項 3】 前記共心光学系の像面側に、パワーを持つ屈折光学素子を配置し、前記のパワーを持つ屈折光学

$$1/R_{11} < 0 \quad \dots (3)$$

$$1/R_{12} < 0 \quad \dots (4)$$

$$|1/R_{12}| < |1/R_3| \quad \dots (5)$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 記載の光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、接眼光学系又は結像光学系として使用可能な光学系に関し、特に、画角が広く瞳径が大きい場合にも像面湾曲とコマ収差の両収差が少なく解像力の良い光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】本出願人の提案に係る特願平 5-264828 号の光学系は、少なくとも 2 つの半透過曲面の間に硝子材等で埋め、製作上の有利さを増すと共に、2 つの半透過凹面の距離を大きくすることによって、像面湾曲とコマ収差をほぼ完全に補正することに成功したものである。しかし、特願平 5-264828 号のものにおいても、観察画角が 100° 付近まで広画角化し、瞳径が 10mm 位まで大きくなった場合には、像面湾曲とコマ収差が目立つようになる。

【0003】以下、図 4 の光路図を用いて特願平 5-264828 号の光学系の軸外収差の発生原因を説明する。図 4 において、瞳面 E に近い半透過凹面を 1、像面 I に近い半透過凹面を 2 とする。光束が各面を通過もしくは反射する順序は 1-1、2-1、1-2、2-2 である。1-1 と 2-2 では光束は屈折作用を、1-2 と 2-1 では光束は反射作用を受ける。

【0004】まず、コマ収差の補正方法について説明する。像面 I でのコマ収差の発生を抑えるためには、軸外光束が最初に各々の半透過面 1、2 に入射する 1-1 と 2-1 でのコマ収差の発生量を小さくすることが重要である。瞳 E から面 1 へと瞳 E から面 2 へのそれぞれの光軸の光路長は、瞳 E から面 2 への方が長い。軸外光束の 1-1 と 2-1 での入射角を小さくし、軸外上側マージナル光線と軸外下側マージナル光線の入射角の差異を小さくしてコマ収差の発生量を抑えるためには、面 1 より面 2 のパワーを弱くし、面 1 と面 2 の曲率に差異を持た

なくとも 1 つの屈折光学素子を配置したことを特徴とする光学系。

【請求項 2】 前記共心光学系の瞳面側に、パワーを持つ屈折光学素子を配置し、前記のパワーを持つ屈折光学素子の焦点距離を f_1 、その瞳面側の曲率半径を R_{01} 、その像面側の曲率半径を R_{02} とすると、

$$\dots (1)$$

$$\dots (2)$$

素子の瞳面側の曲率半径を R_{11} 、その像面側の曲率半径を R_{12} 、前記共心光学系の像面側の半透過曲面の曲率半径を R_3 とすると、

$$\dots (3)$$

$$\dots (4)$$

$$\dots (5)$$

せることが必要である。

【0005】さらに、軸外光束が 2 度目に各々の半透過面に入射する 1-2 と 2-2 で生じるコマ収差の発生量を抑えるためにも、面 1 より面 2 のパワーを弱くする必要がある。これは、面 1 のパワーが弱すぎると、面 1 の法線の傾き角が光軸に対して小さくなるので、軸外主光線の 1-2 での入射角が大きくなってしまい、この結果、上側マージナル光線と下側マージナル光線の入射角の差異が大きくなり、大きなコマ収差が発生するからである。また、この発明による結像光学系は像側テレセントリックに近い光学系であるので、面 2 のパワーが強すぎると、光軸に対しておおよそ平行になって 2-2 へ入射する軸外主光線の入射角が大きくなり、2-2 での上側マージナル光線と下側マージナル光線の入射角の差異が大きくなり、大きなコマ収差が生じてしまう。1-2 と 2-2 でのコマ収差の発生量を小さくするためには、面 1 のパワーは強く、面 2 のパワーは弱くする必要がある。

【0006】次に、像面湾曲の主な発生箇所と補正方法について述べる。像面湾曲の最も大きい発生原因の箇所となっているのが、1-2 での反射の際に生じる負の像面湾曲と 2-1 での反射の際に生じる正の像面湾曲である。像面 I での像面湾曲の発生を抑えるためには、面 1 での反射の際に生じる負の像面湾曲と面 2 での反射の際に生じる正の像面湾曲が互いに打ち消し合うようにするために、面 1 と面 2 に均一のパワーを与えることが必要である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、特願平 5-264828 号の共心光学系においては、コマ収差の補正方法と像面湾曲の補正方法は互いに逆行しており、同時に両収差を補正することは難しい。画角と瞳径がさほど大きくなければ、2 つの半透過凹面 1、2 のパワーのバランスをとることで像面湾曲とコマ収差の補正が可能だが、広画角と広瞳径の場合、像面湾曲とコマ収

差の悪化を回避することは困難である。

【0008】本発明は上記の本出願人の提案に係る共心光学系の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、画角 120° 前後及び瞳径 15mm 前後まで像面湾曲とコマ収差の両収差が良好に補正され、撮像・接眼両光学系に使用できる光学系を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の光学系は、少なくとも2つの半透過曲面を持ち、前記の少なくとも2つの半透過曲面は瞳面側に凹面を向け

$$f_1 > 0$$

$$|1/R_{01}| < |1/R_{02}|$$

なる条件を満足することが望ましい。

【0011】また、共心光学系の像面側に、パワーを持つ屈折光学素子を配置し、そのパワーを持つ屈折光学素

$$1/R_{11} < 0$$

$$1/R_{12} < 0$$

$$|1/R_{12}| < |1/R_3|$$

なる条件を満足することが望ましい。

【0012】

【作用】以下、上記の構成をとった理由と作用を説明するが、以下において、説明の都合上、本発明の光学系を結像光学系として説明するが、本発明の光学系の像面を物点とした接眼光学系として利用できることは明らかであり、本発明の光学系は、構成を逆に配置して接眼光学系としての機能も備えていることは明白である。また、像面湾曲とコマ収差の符号の取り方は、早水良定著「光機器の光学Ⅰ」（（社）オプトメカトロニクス協会）に沿って定義し、本発明を説明する。

【0013】共心光学系が各種収差の発生が少ない理由は、特願平5-264828号に述べてあるが、この光学系は収差発生が少ない代わりにパワー配置の自由度が少なく、焦点距離に対してレンズ全長を制限する等の制約を設けると、2つの半透過面の曲率半径の関係が崩れ、像面湾曲を良好に補正することが難しくなる。本発明は上記像面湾曲を改善するために、他に屈折光学素子を共心光学系に加えることによって、ベッツパールの補正を行い、像面湾曲の少ない光学系を構成することを可能にしている。

【0014】まず、共心光学系の瞳面側に屈折光学素子を配置する場合について図1を用いて説明する。図1は、パワーを持つ屈折光学素子を共心光学系の瞳面側に接合して配置した例の光路図で、パワーを持つ屈折光学素子を11、瞳面Eに凹面を向けた2つの半透過曲面から構成される共心光学系を12、パワーを持つ屈折光学素子11の瞳面E側の屈折面を111、光学系12の瞳

$$f_1 > 0$$

$$|1/R_{01}| < |1/R_{02}|$$

なる条件を満足することが重要である。

【0017】図1は屈折光学素子11が共心光学系12

て配置され、前記の少なくとも2つの半透過曲面は、各々少なくとも1回の光線の透過と少なくとも1回の光線の反射をするように配置された共心光学系の近傍に、少なくとも1つの屈折光学素子を配置したことを特徴とするものである。

【0010】この場合、共心光学系の瞳面側に、パワーを持つ屈折光学素子を配置し、そのパワーを持つ屈折光学素子の焦点距離を f_1 、その瞳面側の曲率半径を R_{01} 、その像面側の曲率半径を R_{02} とすると、

$$\dots (1)$$

$$\dots (2)$$

子の瞳面側の曲率半径を R_{11} 、その像面側の曲率半径を R_{12} 、共心光学系の像面側の半透過曲面の曲率半径を R_3 とすると、

$$\dots (3)$$

$$\dots (4)$$

$$\dots (5)$$

面E側の半透過曲面を121、光学系12の像面I側の半透過曲面を122とする。

【0015】共心光学系12のみでは、観察画角が 90° を越えると像面湾曲とコマ収差の補正が難しくなってくるが、観察画角が 60° 位であればこれら両収差の補正は充分できる。そこで、観察画角を広げるには、共心光学系12の瞳面E側に軸外光束を正のパワーでもって屈折させ、共心光学系12に入射する軸外光束の画角を小さくさせる役割を持つ屈折光学素子11を配置すればよい。このとき、正のパワーを持つ屈折光学素子11の形状を考慮し、屈折光学素子11の形状を平凸レンズとし、共心光学系12への悪影響を最小限に抑えることが重要である。これは、面111を平面に近い形状にすることで、面111ではほとんど像面湾曲もコマ収差を発生しないにもかかわらず、軸外光束は面111で大きく屈折し、共心光学系12へ入射する軸外光束の画角が小さくなるからである。また、屈折光学素子11と共心光学系12の硝材の屈折率を考慮してバランスをとることで、面121での屈折の際に発生する像面湾曲を正負の何れにもすることが可能となり、発生量もコントロールしやすい。このため、面121と122で反射の際と面122の屈折の際に発生する像面湾曲を、面121で容易に補正することができる。

【0016】すなわち、パワーを持つ屈折光学素子11を共心光学系12の瞳面側に配置する場合、屈折光学素子11の焦点距離を f_1 、屈折光学素子11の瞳面E側の曲率半径を R_{01} 、屈折光学素子11の像面I側の曲率半径を R_{02} とすると、

$$\dots (1)$$

$$\dots (2)$$

に接合している例だが、屈折光学素子11と共心光学系12が接合していない場合でも、上記条件式(1)と

(2)を満足することが重要である。屈折光学素子11と共心光学系12の間に空気が存在するとき、屈折光学素子11の像面1側の屈折面と面121での屈折の際には符号が逆の像面湾曲が発生するので、この2つの面のバランスをとることで、軸外光束が屈折光学素子11の像面1側の屈折面から面121に入射するまでに正もしくは負の像面湾曲を自由に発生させることが可能となる。すなわち、屈折光学素子11と共心光学系12が接合していない場合でも、上記条件式(1)と(2)を満足することで、上述した作用と同様の作用を得ることができる。

【0018】次に、瞳面Eに凹面を向けた2つの半透過曲面から構成される共心光学系の像面側に屈折光学素子を配置する場合について、図2を用いて説明する。図2は、パワーを持つ屈折光学素子を瞳面に凹面を向けた2つの半透過曲面から構成される共心光学系の像面側に接合せずに配置した例の光路図で、パワーを持つ屈折光学素子を13、共心光学系を12、屈折光学素子13の瞳面E側の屈折面を131、屈折光学素子13の像面1側の屈折面を132、共心光学系12の瞳面E側の半透過曲面を121、共心光学系12の像面1側の半透過曲面を122とする。

【0019】この場合、共心光学系12へ入射する軸外光束の画角は大きいままなので、共心光学系12で像面湾曲やコマ収差等の軸外収差が発生しやすい。従来技術の項で説明したように、像面湾曲とコマ収差の補正方法は逆行しており、共心光学系12へ入射する軸外光束の画角が大きいと、面121と122のパワーのバランスが崩れやすい。特に、像面湾曲を補正するために面122がある程度強いパワーを持つ必要があるが、本光学系のように像側テレセントリックの場合には、面122に入射する軸外主光線の光軸に対してなす角度が小さいので、面122で軸外光束が屈折作用を受ける際に過剰なコマ収差が発生しやすい。また、コマ収差補正のために面121と122のパワーのバランスが悪くなり、像面湾曲も残存してしまう。

$$1/R_{11} < 0 \text{ (接眼光学系の場合は } 1/R_{11} > 0 \text{)} \quad \dots (3)$$

$$1/R_{12} < 0 \text{ (接眼光学系の場合は } 1/R_{12} > 0 \text{)} \quad \dots (4)$$

$$|1/R_{12}| < |1/R_3| \quad \dots (5)$$

なる条件を満足することが重要である。

【0023】メニスカスレンズ13の持つパワーは前後の屈折面131、132が持つパワーによって正負どちらにもなるが、メニスカスレンズ13は前後の屈折面131、132で符号が逆の収差が発生するため、2つの半透過曲面121、122で生じる収差の補正を行うためには、メニスカスレンズ13の前後の屈折面131、132は異なるパワーを持つ必要があり、メニスカスレンズ13が持つパワーがゼロということはないのはいまでもない。

【0024】図2は屈折光学素子13が共心光学系12

【0020】そこで、共心光学系12の像面1側に屈折光学素子13を設け、共心光学系12で残存した軸外収差を打ち消すようにすればよい。このとき、屈折光学素子13の形状を考慮して共心光学系12で発生した像面湾曲とコマ収差を同時に打ち消すことが必要で、屈折光学素子13の形状を瞳面Eに凹面を向けたメニスカスレンズにすることが重要である。屈折光学素子13をメニスカスレンズにすることで、レンズの前後面131と132では符号が逆の像面湾曲が発生する。面131と132のパワーのバランスを考慮することで、屈折光学素子13では正負何れの像面湾曲も発生させることができるため、共心光学系12で残存した像面湾曲を容易に打ち消すことができる。

【0021】また、コマ収差を補正するためには、メニスカスレンズ13の像面1側の屈折面132のパワーを面122のパワーより弱くすることが重要である。面122での反射の際にコマ収差の発生量が小さくなるように、面122にパワーを持たせると、面122での屈折の際には面122のパワーが強すぎて、コマ収差が大量に発生してしまう。そこで、面122は主に軸外光束が反射作用を受ける際に生じるコマ収差の発生量を抑える役割を担い、面132は主に軸外光束が屈折作用を受ける際に生じるコマ収差の発生量を抑える役割を担うように、面132と122に役割分担をさせることで、像面1でのコマ収差を小さくすればよい。つまり、面132のパワーを面122のパワーより弱くすることで、面122で生じた大きなコマ収差の一部を面131で打ち消し、面132で共心光学系12で生じたコマ収差を打ち消すために必要な量のコマ収差を発生させることが可能となる。

【0022】すなわち、像面1側に配置されたパワーを持つ屈折光学素子13の瞳面E側の屈折面131の曲率半径を R_{11} 、像面1側の屈折面132の曲率半径を R_{12} とし、2つの半透過曲面からなる共心光学系12の像面1側の半透過曲面122の曲率半径を R_3 とすると、

に接合していない例だが、屈折光学素子13と共心光学系12が接合している場合でも、上記条件式(4)と

(5)の条件を満足することが重要である。屈折光学素子13と共心光学系12が接合している場合には、面121での屈折の際にはほとんど軸外収差は発生しないので、面122は反射の際のコマ収差を抑え、面132は屈折の際のコマ収差を抑えるようにパワーを持つことになる。すなわち、屈折光学素子13と共心光学系12が接合しているときでも、上記条件式(4)と(5)を満足することで、上述したのと同様の作用を得ることができる。

【0025】さらに好ましくは、より解像力の高い像を得るためには、以下の条件式を満足することが好ましい。瞳面Eに凹面を向けた2つの半透過曲面から構成される共心光学系12の瞳面E側に、パワーを持つ屈折光

$$0 < f_2 / f_1 < 0.42$$

なる条件を満足することが重要である。

【0026】上記条件式(6)の値が上限の0.42を越えると、共心光学系12で発生する負の像面湾曲を屈折光学素子11が補正し切れず、像面Iで負の像面湾曲が目立つようになる。逆に、上記条件式(6)の値が下限の0を越えると、共心光学系12で発生する正の像面湾曲を屈折光学素子11が補正し切れず、像面Iで正の

$$-0.4 < f_2 / f_3 < 0.2$$

なる条件を満足することが重要である。

【0028】上記条件式(7)の値が上限の0.2を越えると、共心光学系12で発生する負の像面湾曲を屈折光学素子13が補正し切れず、像面Iで負の像面湾曲が目立つようになる。逆に、上記条件式(7)の値が下限の-0.4を越えると、共心光学系12で発生する正の像面湾曲を屈折光学素子13が補正し切れず、像面Iで正の像面湾曲が目立つようになる。

【0029】さらに好ましくは、より広画角で解像力の高い像を得るためには、共心光学系の瞳面側と像面側の両方に、以下に示す条件式(8)と(9)を満足する屈折光学素子を配置することが好ましい。パワーを持つ屈折光学素子を瞳面側に配置したとき、画角が120°より大きくなってくると、例えば屈折光学素子で正のパワーをもって軸外光束の画角を小さくしても、2つの半透過曲面からなる共心光学系に入射する軸外光束の画角はかなり大きくなってしまい、2つの半透過曲面からなる共心光学系で生じる軸外収差の発生量が大きくなる恐れがある。また、パワーを持つ屈折光学素子を像面側に配置したときにも、入射する軸外光束の画角が非常に大きいと、共心光学系で生じる軸外収差を屈折光学素子で打ち消して解像力の高い像を得ることが困難になる恐れがある。

【0030】そこで、さらに広画角の光学系を軸外収差を良好に補正しながら得るために、図3に示すように、

$$0 < f_2 / f_1 < 1.0$$

$$-1.2 < f_2 / f_3 < 0$$

なる条件を満足することが重要である。

【0033】上記条件式(8)と(9)の値がそれぞれの上限の1.0、0を越えると、2つの半透過曲面121、122で構成する共心光学系12で発生する負の像面湾曲を屈折光学素子11、13が補正し切れず、像面Iで負の像面湾曲が目立つようになる。逆に、上記条件式(8)と(9)の値がそれぞれの下限の0、-1.2を越えると、共心光学系12で発生する正の像面湾曲を屈折光学素子11、13が補正し切れず、像面で正の像面湾曲が目立つようになる。

学素子11を配置するとき、瞳面E側に配置されたパワーを持つ屈折光学素子11の焦点距離を f_1 、共心光学系12の焦点距離を f_2 とすると、

$$\dots (6)$$

像面湾曲が目立つようになる。

【0027】また、瞳面Eに凹面を向けた2つの半透過曲面から構成される共心光学系12の像面I側に、パワーを持つ屈折光学素子13を配置するとき、像面I側に配置されたパワーを持つ屈折光学素子13の焦点距離を f_3 、共心光学系12の焦点距離を f_2 とすると、

$$\dots (7)$$

共心光学系12の瞳面E側と像面I側の両方にパワーを持つ屈折光学素子11と13を配置し、瞳面E側の屈折光学素子11の瞳面E側の屈折面を111、共心光学系12の瞳面E側の半透過曲面を121、共心光学系12の像面I側の半透過曲面を122、像面I側の屈折光学素子13の像面I側の屈折面を132とする。

【0031】共心光学系12の瞳面E側と像面I側の両方にパワーを持つ屈折光学素子11、13を配置するとき、屈折光学素子11、13と共心光学系12を構成する硝材の屈折率の差が小さければ、屈折光学素子11、13と共心光学系12の接合面121と122を軸外光束が通過するときほとんど収差が発生しない。つまり、共心光学系12での主な収差の発生箇所は、面121と122での反射作用の際のみとなり、2つの半透過曲面121、122のパワーのバランスをとることで、面121と122で反射の際に発生する像面湾曲とコマ収差は互いに打ち消し合い、共心光学系12のみで軸外収差を補正することができる。

【0032】このとき、屈折光学系11、13と共心光学系12のパワーのバランスをとることが重要で、瞳面E側に配置されたパワーを持つ屈折光学素子11の焦点距離を f_1 、像面I側に配置されたパワーを持つ屈折光学素子13の焦点距離を f_3 、共心光学系12の焦点距離を f_2 とすると、

$$\dots (8)$$

$$\dots (9)$$

【0034】上述したように、屈折光学素子11、13は、共心光学系12のみで収差補正ができる状態を作る役割を担っているわけだが、さらに好ましくは、このような状態を作るためには、屈折光学素子11に軸外光束が入射する際と屈折光学素子13から軸外光束が射出する際に、軸外収差が発生しないことが重要である。このためには、配置する屈折光学素子11、13の形状を考慮することが必要で、瞳面E側に配置する屈折光学素子11は平凸に近い形状を、像面I側に配置する屈折光学素子13は凹平に近い形状を持つことが重要である。1

11の面を平面に近い形状とすることで、面111では軸外収差はほとんど発生することなく、軸外光束の画角を非常に小さくすることができる。また、132の面を平面に近い形状とすることで、光軸にほぼ平行となって像面1に至る軸外主光線は、面132への入射角が非常に小さいため、面132ではほとんど軸外収差が発生しない。

【0035】また、屈折光学素子11、13と共心光学系12を接合しない場合でも、屈折光学素子11、13の共心光学系12に面している各々の面の曲率半径を面121と122の曲率半径とほぼ同じ程度にし、屈折光学素子11、13と共心光学系12の間の空気間隔を小さくすることで、屈折光学素子11の像面側の面と面121と、屈折光学素子13の瞳面E側の面と面122で軸外収差が打ち消し合うため、上述した作用を得ることができる。

【0036】なお、本発明の光学系に使用される半透過面の透過と反射の比は2:8から8:2の範囲で利用される。また、このような光量を分割する手段は、面積として分割する方法、強度を分割する方法、そして、さらにその両方を用いる手段がある。

【0037】上記の面積で分割する方法を図5に示す。図5において、ガラス又はプラスチック等の透明基板41上にアルミコーティング42を設ける。このアルミコーティング42は、数 μm から0.1mm程度の網目状のメッシュにコーティングされ、反射する部分と反射しないで透過する部分の面積の比によって全体的（マクロ的）な反射率と透過率が設定される。

【0038】次に、光量的に透過と反射の光量を分割する手段を図6に示す。この方法は比較的容易に実現でき、また、安価に製作することが可能である。図6に示すように、半透過薄膜43をガラス又はプラスチック等の透明基板41の上にコーティングして、光量を分割することができる。半透過薄膜43としては、Al（アルミニウム）、Cr（クロム）等の金属薄膜が一般的である。その他に、誘電体の多層膜として SiO_2 、 MgF_2 等の薄膜を何層も組み合わせる方法が一般的である。

【0039】光量的に透過と反射の光量を分割する手段の別法として、偏光による方法を図7に示す。図7において、ガラス又はプラスチック等の透明基板41の上に偏光性半透過薄膜44をコーティングして、P偏光とS偏向を選択的に透過又は反射させて分割するものであり、入射光のP偏光とS偏向の割合により反射率と透過率が設定されるものである。さらに、以上の方法を任意に組み合わせて使用することも可能である。また、ホログラフィック素子で透過と反射の光量を分割する手段もある。

【0040】また、共心光学系12の第1面121でも第2面122でも1回も反射しないで透過して像面1に

達してしまうフレアー光をカットするためには、米国再発行特許第27356号に示されているような偏光を利用した偏光光学素子を配置とすることが重要となる。例えば、第1面121の瞳面E側に第1偏光板と4分の1波長板を配置して入射光を円偏光とし、第1面121と第2面122の半透過面の間に別の4分の1波長板を配置し、第2面122の半透過面の後に第1偏光板とバラニコルの偏光面を配置した第2偏光板を配置する。このような偏光光学素子を配置すると、第1面121と第2面122でそれぞれ1回反射した正規の光線は、第1面121と第2面122の間の4分の1波長板を3回通過することになり、正規の光線はトータル4回、4分の1波長板を通過することになる。したがって、第1偏光板を通過した光の偏光面は回転せずに、バラニコルに配置された第2偏光板を通過する。しかし、第1面121の半透過面を反射しないで通過した光線はトータル2回の4分の1波長板通過ししかしないので、偏光面は 90° 回転して、第2偏光板でカットされる。

【0041】このように、偏光光学素子を使うことによって、フレアー光をカットすることが可能となる。また、上に説明した以外の偏光光学素子の配置も可能であり、ここではほんの一例を示しただけである。

【0042】さて、本発明の以上のような光学系を接眼光学系として2組使用することによって、片目を閉じて観察像を観察する必要がなくなる。両眼で観察できると、観察者にとって疲れにくい観察が可能となる。また、両眼に視差のある画像を提示することによって、立体像としての観察も可能となる。また、本発明の光学系を2組使用し、観察者頭部に支持する支持機構を付けることによって、楽な姿勢で観察像を観察することが可能となる。

【0043】上記のように、本発明による光学系を接眼光学系として用い、この光学系と2次元画像表示素子からなる組を左右一対用意し、それらを眼輻距離だけ離して支持することにより、両眼で観察できる据え付け型又は頭部装着式視覚表示装置のようなポータブル型の視覚表示装置として構成することができる。このようなポータブル型の視覚表示装置の1例の全体の構成を図8に示す。表示装置本体50には、上記のような光学系が左右1对接眼光学系として備えられ、それらに対応して像面に液晶表示素子からなる2次元画像表示素子が配置されている。本体50に左右に連続して図示のような側頭フレーム51が設けられ、両側の側頭フレーム51は頭頂フレーム52でつながれており、また、両側の側頭フレーム51の間には板バネ53を介してリアフレーム54が設けてあり、リアフレーム54を眼鏡のツルのように観察者の両耳の後部に当て、また、頭頂フレーム52を観察者の頭頂に載せることにより、表示装置本体50を観察者の眼前に保持できるようになっている。なお、頭頂フレーム52の内側には海绵体のような弾性体から

なる頭頂パッド55が取り付けられており、同様にリアフレーム54の内側にも同様なパッドが取り付けられており、この表示装置を頭部に装着したときに違和感を感じないようにしてある。

【0044】また、リアフレーム54にはスピーカ56が付設されており、映像観察と共に立体音響を聞くことができるようになっていいる。このようにスピーカ56を有する表示装置本体50には、映像音声伝達コード57を介してポータブルビデオカセット等の再生装置58が接続されているので、観察者はこの再生装置58を図示のようにベルト箇所等の任意の位置に保持して、映像、音響を楽しむことができるようになっていいる。図示の59は再生装置58のスイッチ、ボリューム等の調節部である。なお、頭頂フレーム52の内部に、映像処理・音声処理回路等の電子部品を内蔵させてある。

【0045】なお、コード57は先端をジャックにして、既存のビデオデッキ等に取り付け可能としてもよい。さらに、TV電波受信用チューナーに接続してTV観賞用としてもよいし、コンピュータに接続してコンピュータグラフィックスの映像や、コンピュータからのメッセージ映像等を受信するようにしてもよい。また、邪魔なコードを排斥するために、アンテナを接続して外部からの信号を電波によって受信するようにしてもよい。

【0046】

【実施例】以下、本発明の光学系の実施例1～9について説明する。図9～図17にそれぞれ実施例1～9の光学系の断面図を示す。各実施例の数値データは後記するが、図中、Eは瞳位置、Iは像面であり、12は第1の半透過面121と第2の半透過面122によって構成された共心光学系、11は共心光学系12の瞳側に配置されたパワーを持つ屈折光学素子、13は共心光学系12の像面側に配置されたパワーを持つ屈折光学素子である。

【0047】実施例1は、図9に示すように、第1の半透過面121、第2の半透過面122が像面I側に凸の凹面であり、共心光学系12の瞳面E側に像面I側に凸面を向けた正メニスカスレンズ11を接合して配置した例である。この実施例の画角は40°、瞳径は15mm、焦点距離は40mm、Fナンバーは2.7である。条件式(6)の f_2/f_1 の値は0.208である。なお、後記する数値データ中、面番号は光線が通過する順に取っており、 n_d は透明体のd線での屈折率、 ν_d はそのアッベ数である(以下、同じ)。

【0048】実施例2は、図10に示すように、第1の半透過面121、第2の半透過面122が像面I側に凸の凹面であり、共心光学系12の瞳面E側に像面I側に凸面を向けた正メニスカスレンズ11を接合して配置した例である。この実施例の画角は120°、瞳径は6mm、焦点距離は40mm、Fナンバーは6.7である。条件式(6)の f_2/f_1 の値は0.039である。

【0049】実施例3は、図11に示すように、第1の半透過面121、第2の半透過面122が像面I側に凸の凹面であり、共心光学系12の瞳面E側に像面I側に凸面を向けた正メニスカスレンズ11を接合して配置した例である。この実施例の画角は120°、瞳径は15mm、焦点距離は40mm、Fナンバーは2.7である。条件式(6)の f_2/f_1 の値は0.146である。

【0050】実施例4は、図12に示すように、第1の半透過面121、第2の半透過面122が像面I側に凸の凹面であり、共心光学系12の瞳面E側に像面I側に凸面を向けた正メニスカスレンズ11を接合しないで配置した例である。この実施例の画角は120°、瞳径は15mm、焦点距離は40mm、Fナンバーは2.7である。条件式(6)の f_2/f_1 の値は0.082である。

【0051】実施例5は、図13に示すように、第1の半透過面121、第2の半透過面122が像面I側に凸の凹面であり、共心光学系12の像面I側に像面I側に凸面を向けた負メニスカスレンズ13を接合して配置した例である。この実施例の画角は120°、瞳径は10mm、焦点距離は40mm、Fナンバーは4.0である。条件式(7)の f_2/f_3 の値は-0.031である。

【0052】実施例6は、図14に示すように、第1の半透過面121、第2の半透過面122が像面I側に凸の凹面であり、共心光学系12の像面I側に像面I側に凸面を向けた正メニスカスレンズ13を接合しないで配置した例である。この実施例の画角は90°、瞳径は6mm、焦点距離は40mm、Fナンバーは6.7である。条件式(7)の f_2/f_3 の値は0.037である。

【0053】実施例7は、図15に示すように、第1の半透過面121、第2の半透過面122が像面I側に凸の凹面であり、共心光学系12の瞳面E側に両凸レンズ11を接合して、また、共心光学系12の像面I側に像面I側に凸面を向けた負メニスカスレンズ13を接合して配置した例である。この実施例の画角は120°、瞳径は10mm、焦点距離は40mm、Fナンバーは4.0である。条件式(8)の f_2/f_1 の値は0.440、条件式(9)の f_2/f_3 の値は-0.577である。

【0054】実施例8は、図16に示すように、第1の半透過面121、第2の半透過面122が像面I側に凸の凹面であり、共心光学系12の瞳面E側に両凸レンズ11を接合して、また、共心光学系12の像面I側に像面I側に凸面を向けた負メニスカスレンズ13を接合して配置した例である。この実施例の画角は40°、瞳径は15mm、焦点距離は40mm、Fナンバーは2.7である。条件式(8)の f_2/f_1 の値は0.174、

条件式 (9) の f_2 / f_3 の値は -0.029 である。

【0055】実施例 9 は、図 17 に示すように、第 1 の半透過面 121、第 2 の半透過面 122 が像面 I 側に凸の凹面であり、共心光学系 12 の瞳面 E 側に両凸レンズ 11 を接合しないでわずかの間隔をおいて、また、共心光学系 12 の像面 I 側に像面 I 側に凸面を向けた負メニスカスレンズ 13 を接合しないでわずかの間隔をおいて

配置した例である。この実施例の画角は 90° 、瞳径は 10mm 、焦点距離は 40mm 、F ナンバーは 4.0 である。条件式 (8) の f_2 / f_1 の値は 0.297 、条件式 (9) の f_2 / f_3 の値は -0.312 である。

【0056】以下、上記実施例 1～9 の数値データを示す。

実施例 1

面番号	曲率半径	面間隔	n d	ν d
1	(瞳位置 E)	17.785		
2	-104.0275	18.000	1.4870	70.4
3	-92.3647	16.000	1.4880	69.7
4	-69.1938 (反射面 122)	-16.000	1.4880	69.7
5	-92.3647 (反射面 121)	16.000	1.4880	69.7
6	-69.1938	16.308		
7	(像面 I)			

【0057】

実施例 2

面番号	曲率半径	面間隔	n d	ν d
1	(瞳位置 E)	16.543		
2	-422.9719	18.000	1.4870	70.4
3	-89.7455	22.939	1.4870	70.4
4	-76.5015 (反射面 122)	-22.939	1.4870	70.4
5	-89.7455 (反射面 121)	22.939	1.4870	70.4
6	-76.5015	2.000		
7	(像面 I)			

【0058】

実施例 3

面番号	曲率半径	面間隔	n d	ν d
1	(瞳位置 E)	12.588		
2	-329.5184	18.000	1.4870	70.4
3	-105.1892	28.327	1.7550	27.6
4	-87.3558 (反射面 122)	-28.327	1.7550	27.6
5	-105.1892 (反射面 121)	28.327	1.7550	27.6
6	-87.3558	2.000		
7	(像面 I)			

【0059】

実施例 4

面番号	曲率半径	面間隔	n d	ν d
1	(瞳位置 E)	10.060		
2	-248.9365	18.000	1.4870	70.4
3	-129.2398	5.000		
4	-77.9293	27.814	1.7550	27.6
5	-76.6712 (反射面 122)	-27.814	1.7550	27.6
6	-77.9293 (反射面 121)	27.814	1.7550	27.6
7	-76.6712	2.000		
8	(像面 I)			

【0060】

実施例 5

面番号	曲率半径	面間隔	n d	ν d
-----	------	-----	-----	---------

1	(瞳位置 E)	38.768		
2	-41.8658	18.543	1.7550	27.6
3	-50.4784 (反射面 1 2 2)	-18.543	1.7550	27.6
4	-41.8658 (反射面 1 2 1)	18.543	1.7550	27.6
5	-50.4784	7.524	1.4870	70.5
6	-57.9049	6.029		
7	(像面 I)			。

【0061】

実施例 6

面番号	曲率半径	面間隔	n d	ν d
1	(瞳位置 E)	28.053		
2	-53.8255	18.051	1.5421	53.2
3	-55.3799 (反射面 1 2 2)	-18.051	1.5421	53.2
4	-53.8255 (反射面 1 2 1)	18.051	1.5421	53.2
5	-55.3799	0.100		
6	-93.2945	6.473	1.4870	70.4
7	-80.7336	5.130		
8	(像面 I)			。

【0062】

実施例 7

面番号	曲率半径	面間隔	n d	ν d
1	(瞳位置 E)	17.875		
2	405.1484	34.590	1.4870	70.4
3	-63.3309	18.359	1.7550	27.6
4	-65.2942 (反射面 1 2 2)	-18.359	1.7550	27.6
5	-63.3309 (反射面 1 2 1)	18.359	1.7550	27.6
6	-65.2942	4.000	1.7550	27.6
7	-4740.8773	6.038		
8	(像面 I)			。

【0063】

実施例 8

面番号	曲率半径	面間隔	n d	ν d
1	(瞳位置 E)	40.267		
2	490.3546	8.513	1.4870	70.4
3	-140.5902	22.000	1.5329	52.8
4	-87.0972 (反射面 1 2 2)	-22.000	1.5329	52.8
5	-140.5902 (反射面 1 2 1)	22.000	1.5329	52.8
6	-87.0972	5.000	1.7550	27.6
7	-96.4051	2.000		
8	(像面 I)			。

【0064】

実施例 9

面番号	曲率半径	面間隔	n d	ν d
1	(瞳位置 E)	21.690		
2	722.9395	22.931	1.4870	71.2
3	-86.1417	2.328		
4	-76.5282	22.042	1.7550	27.6
5	-73.5076 (反射面 1 2 2)	-22.042	1.7550	27.6
6	-76.5282 (反射面 1 2 1)	22.042	1.7550	27.6
7	-73.5076	0.742		

8 -74.4603
 9 -218.7444
 10 (像面 1)

5.000 1.7550 27.6
 2.000

【0065】上記実施例 1～9 の収差図をそれぞれ図 18～図 26 に示す。各収差図において、球面収差を (a)、非点収差を (b)、歪曲収差を (c)、横収差を (d) に示す。なお、横収差 (d) において、 ω は半画角を示す。

【0066】次に、上記実施例 1～9 におけるレンズ 1 の焦点距離を f_1 、共心光学系 12 の焦点距離を f_2 、レンズ 13 の焦点距離を f_3 、レンズ 11 の瞳面

E に近い面の曲率半径を R_{01} 、像面 1 に近い面の曲率半径を R_{02} 、レンズ 13 の瞳面 E に近い面の曲率半径を R_{11} 、像面 1 に近い面の曲率半径を R_{12} 、共心光学系 12 の像面 1 に近い面の曲率半径を R_3 とするとき、 f_1 、 $1/R_{01}$ 、 $1/R_{02}$ 、 $1/R_3$ 、 $1/R_{11}$ 、 $1/R_{12}$ 、 f_2 、 f_3 、 f_2/f_1 、 f_2/f_3 の値を次の表 1、表 2 に示す。

【0067】

	f_1	$1/R_{01}$	$1/R_{02}$	$1/R_3$	$1/R_{11}$
実施例 1	1123.71	-0.0096	-0.0108	-0.0145	
実施例 2	296.74	-0.0029	-0.0096	-0.0115	
実施例 3	309.15	-0.0030	-0.0095	-0.0114	
実施例 4	526.01	-0.0040	-0.0077	-0.0130	
実施例 5				-0.0198	-0.0198
実施例 6				-0.0181	-0.0107
実施例 7	115.25	0.0025	-0.0158	-0.0153	-0.0153
実施例 8	225.36	0.0020	-0.0071	-0.0115	-0.0115
実施例 9	159.53	0.0014	-0.0116	-0.0136	-0.0134

【0068】

表 2

	$1/R_{12}$	f_2	f_3	f_2/f_1	f_2/f_3
実施例 1		43.62		0.0388	
実施例 2		45.23		0.1524	
実施例 3		45.00		0.1456	
実施例 4		43.20		0.0821	
実施例 5	-0.0173	37.96	-1209.60		-0.0314
実施例 6	-0.0124	39.30	1053.49		0.0373
実施例 7	-0.0002	50.64	-87.72	0.4394	-0.5773
実施例 8	-0.0104	44.52	-1553.93	0.1976	-0.0286
実施例 9	-0.0046	47.34	-151.78	0.2967	-0.3119

【0069】なお、本発明の光学系は、前記したように、接眼光学系や結像光学系として使用することができる。その一例を以下に示す。結像光学系としては、例えば、図 27 に斜視図を示すように、撮影用光学系 O b とファインダー光学系 F i とが別体にほぼ並設されたコンパクトカメラ C a のファインダー光学系 F i に用いることができる。また、図 28 に断面を示す如く、前側レンズ群 G F と、明るさ絞り D と、その後方に配置され、第

1 半透過反射面 121 及び第 2 半透過反射面 122 からなる共心光学系 12 とその近傍に配置した屈折光学素子 13 からなる本発明の光学系 M L とで対物レンズ系 L_0 を構成することができる。この対物レンズ系 L_0 によって形成された像は、上記対物レンズ系 L_0 の観察者側に設けられた 4 回反射のポロプリズム P によって正立され、接眼レンズ O c によって観察可能となっている。

【0070】さらに、結像光学系として使用するに際し

ては、フロント絞り光学系として構成することも可能である。

【0071】次に、接眼光学系としては、例えば図29(a)に斜視図を示すように、虚像を観察者Mの眼球内に拡大投影して仮想の空中拡大像を観察するようにした頭部装着式視覚表示装置HMDに用いることができる。この場合、図29(b)の断面図に示すように、映像を表示するための液晶表示素子LCDと、このLCDに表示された映像を観察者眼球内に拡大投影するために、第1半透過反射面121及び第2半透過反射面122からなる共心光学系12とその近傍に配した屈折光学素子11とからなる本発明の光学系MLを配置し、接眼光学系を構成している。

$$f_1 > 0$$

$$|1/R_{01}| < |1/R_{02}|$$

なる条件を満足することを特徴とする上記〔1〕記載の光学系。

【0074】〔3〕 前記共心光学系の像面側に、パワーを持つ屈折光学素子を配置し、前記のパワーを持つ屈

$$1/R_{11} < 0$$

$$1/R_{12} < 0$$

$$|1/R_{12}| < |1/R_3|$$

なる条件を満足することを特徴とする上記〔1〕記載の光学系。

$$0 < f_2/f_1 < 0.42$$

なる条件を満足することを特徴とする上記〔2〕記載の光学系。

【0076】〔5〕 前記のパワーを持つ屈折光学素子
 $-0.4 < f_2/f_3 < 0.2$

なる条件を満足することを特徴とする上記〔3〕記載の光学系。

【0077】〔6〕 前記共心光学系の瞳面側と像面側に、パワーを持つ屈折光学素子を配置し、瞳面側に配置

$$0 < f_2/f_1 < 1.0$$

$$-1.2 < f_2/f_3 < 0$$

なる条件を満足することを特徴とする上記〔1〕から〔3〕の何れか1項記載の光学系。

【0078】〔7〕 前記共心光学系の前記半透過曲面は20%以上80%以下の透過率を有することを特徴とする上記〔1〕記載の光学系。

【0079】〔8〕 前記の少なくとも2つの半透過曲面で1回も反射しないで透過する光線を遮断するために偏光光学素子で構成された遮断手段が配置されていることを特徴とする上記〔1〕記載の光学系。

【0080】〔9〕 前記光学系を接眼光学系に使用することを特徴とする上記〔1〕記載の光学系。

【0081】〔10〕 前記光学系を結像光学系に使用することを特徴とする上記〔1〕記載の光学系。

【0082】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明

【0072】以上の本発明の光学系は、例えば次のように構成することができる。

〔1〕 少なくとも2つの半透過曲面を持ち、前記の少なくとも2つの半透過曲面は瞳面側に凹面を向けて配置され、前記の少なくとも2つの半透過曲面は、各々少なくとも1回の光線の透過と少なくとも1回の光線の反射をするように配置された共心光学系の近傍に、少なくとも1つの屈折光学素子を配置したことを特徴とする光学系。

【0073】〔2〕 前記共心光学系の瞳面側に、パワーを持つ屈折光学素子を配置し、前記のパワーを持つ屈折光学素子の焦点距離を f_1 、その瞳面側の曲率半径を R_{01} 、その像面側の曲率半径を R_{02} とすると、

$$\dots (1)$$

$$\dots (2)$$

折光学素子の瞳面側の曲率半径を R_{11} 、その像面側の曲率半径を R_{12} 、前記共心光学系の像面側の半透過曲面の曲率半径を R_3 とすると、

$$\dots (3)$$

$$\dots (4)$$

$$\dots (5)$$

【0075】〔4〕 前記共心光学系の焦点距離を f_2 とすると、

$$\dots (6)$$

の焦点距離を f_3 、前記共心光学系の焦点距離を f_2 とすると、

$$\dots (7)$$

するパワーを持つ屈折光学素子の焦点距離を f_1 、前記共心光学系の焦点距離を f_2 、像面側に配置するパワーを持つ屈折光学素子の焦点距離を f_3 とすると、

$$\dots (8)$$

$$\dots (9)$$

によると、画角 120° 前後で、瞳径15mm前後まで像面湾曲とコマ収差の両収差が良好に補正され、撮像・接眼両光学系に使用できる光学系を提供することができ、これを接眼光学系に用いるとき、広い提示画角で周辺の画角まで鮮明に観察できる頭部装着式視覚表示装置等を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明により共心光学系の瞳面側に屈折光学素子を接合して配置した光学系の光路図である。

【図2】本発明により共心光学系の像面側に屈折光学素子を配置した光学系の光路図である。

【図3】本発明により共心光学系の両側に屈折光学素子を配置した光学系の光路図である。

【図4】先行出願の共心光学系において軸外収差の発生原因を説明するための光路図である。

【図 5】半透過面に採用可能な面積で光量を分割する手段の原理図である。

【図 6】半透過面に採用可能な光量的に光量を分割する手段の原理図である。

【図 7】半透過面に採用可能な偏光により光量を分割する手段の原理図である。

【図 8】ポータブル型の視覚表示装置の 1 例の全体の構成を示す図である。

【図 9】本発明の実施例 1 の光学系の断面図である。

【図 10】本発明の実施例 2 の光学系の断面図である。

【図 11】本発明の実施例 3 の光学系の断面図である。

【図 12】本発明の実施例 4 の光学系の断面図である。

【図 13】本発明の実施例 5 の光学系の断面図である。

【図 14】本発明の実施例 6 の光学系の断面図である。

【図 15】本発明の実施例 7 の光学系の断面図である。

【図 16】本発明の実施例 8 の光学系の断面図である。

【図 17】本発明の実施例 9 の光学系の断面図である。

【図 18】実施例 1 の収差図である。

【図 19】実施例 2 の収差図である。

【図 20】実施例 3 の収差図である。

【図 21】実施例 4 の収差図である。

【図 22】実施例 5 の収差図である。

【図 23】実施例 6 の収差図である。

【図 24】実施例 7 の収差図である。

【図 25】実施例 8 の収差図である。

【図 26】実施例 9 の収差図である。

【図 27】本発明の光学系をコンパクトカメラのファインダー光学系の結像光学系に用いる例を説明するための斜視図である。

【図 28】本発明の光学系を対物レンズの一部に用いる例を説明するための断面図である。

【図 29】本発明の光学系を頭部装着式視覚表示装置の接眼光学系として用いる例を説明するための図である。

【符号の説明】

E…瞳面

I…像面

11、13…屈折光学素子

12…共心光学系

111、131、132…屈折光学素子の屈折面

121、122…共心光学系の半透過曲面

41…透明基板

42…アルミコーティング

43…半透過薄膜

44…偏光性半透過薄膜

50…表示装置本体

51…側頭フレーム

52…頭頂フレーム

53…板バネ

54…リアフレーム

55…頭頂パッド

56…スピーカ

57…映像音声伝達コード

58…再生装置

59…スイッチ、ボリューム等の調節部

O b…撮影用光学系

F i…ファインダー光学系

C a…コンパクトカメラ

G F…前側レンズ群

D …明るさ絞り

M L…本発明の光学系

L 0…対物レンズ系

P …ポロプリズム

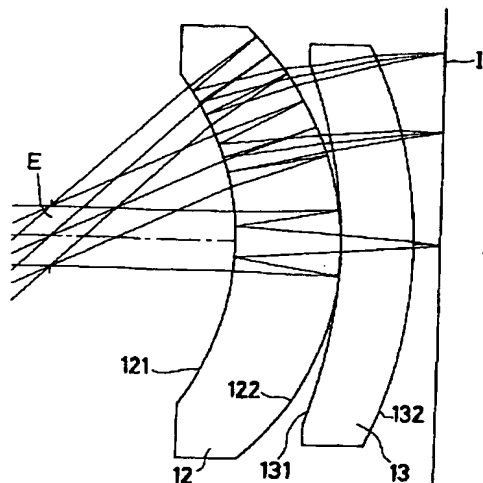
O c…接眼鏡

M …観察者

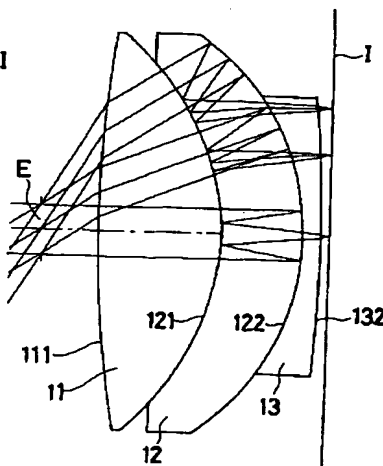
H M D…頭部装着式視覚表示装置

L C D…液晶表示素子

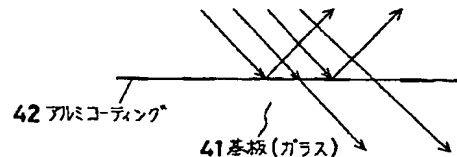
【図 2】



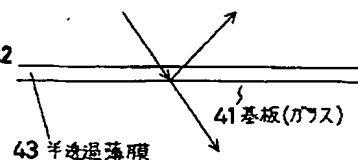
【図 3】



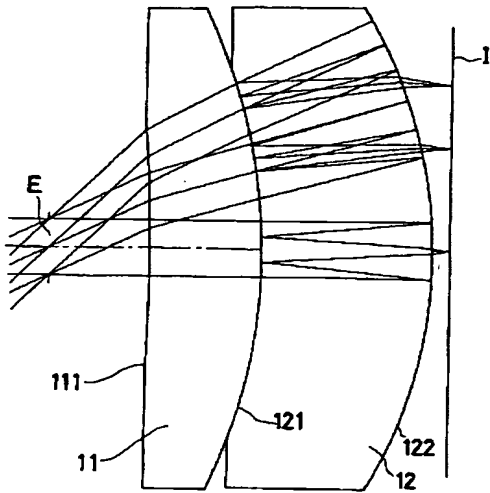
【図 5】



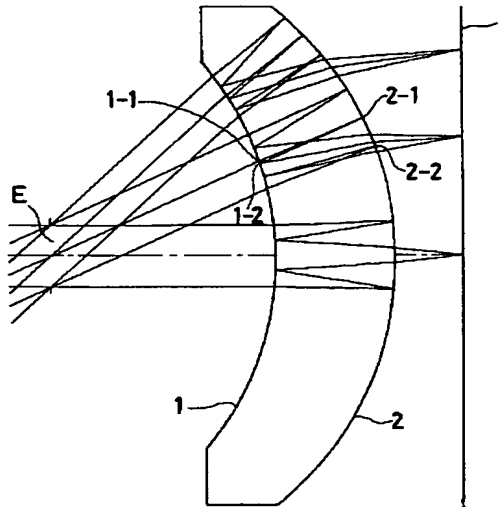
【図 6】



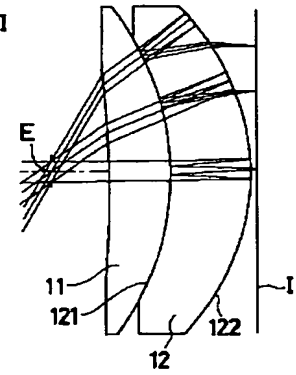
【図 1】



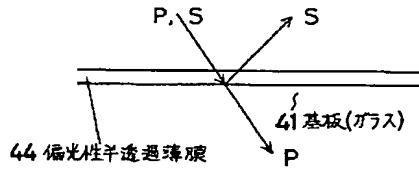
【図 4】



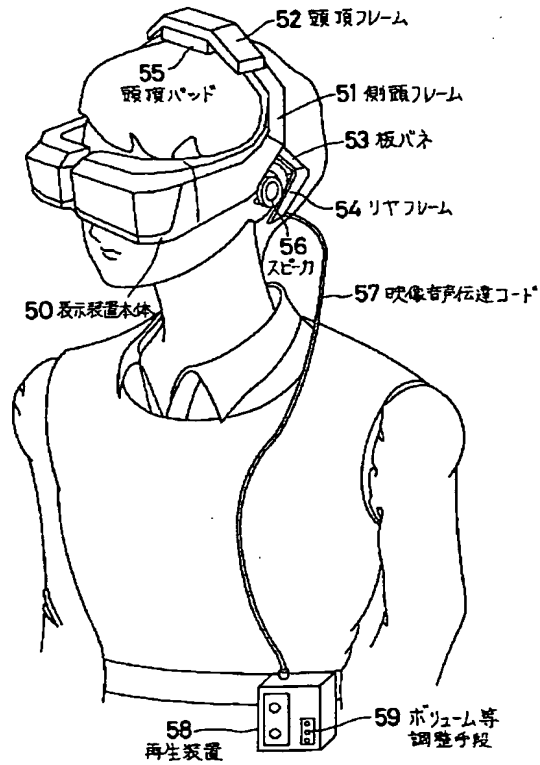
【図 10】



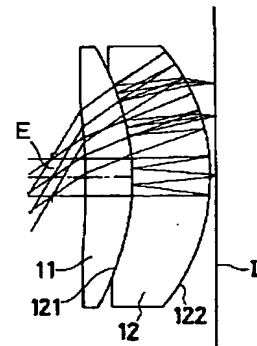
【図 7】



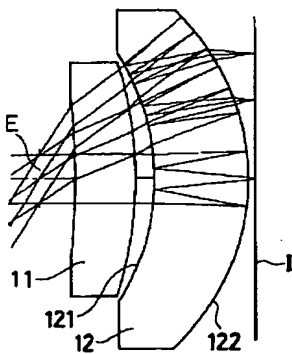
【図 8】



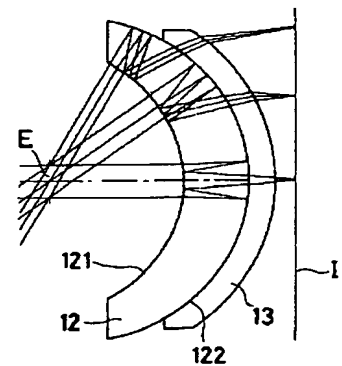
【図 11】



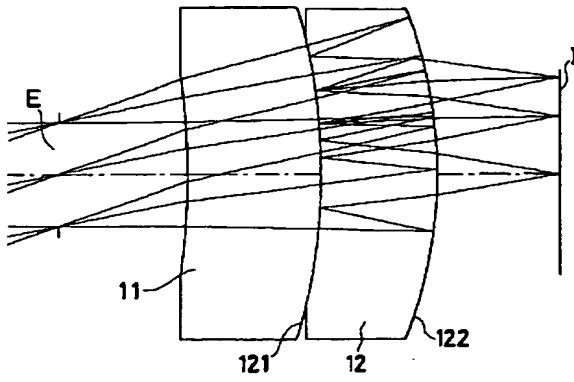
【図 12】



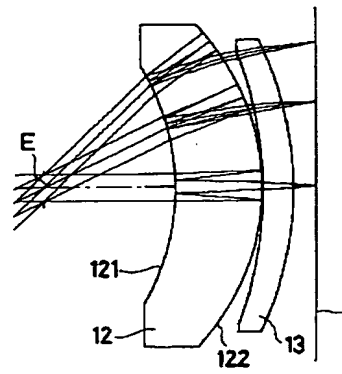
【図 13】



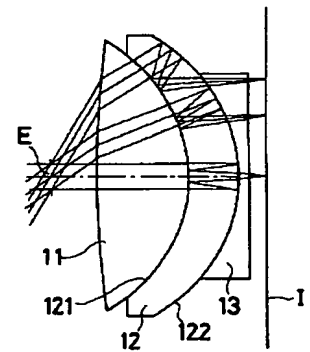
【図 9】



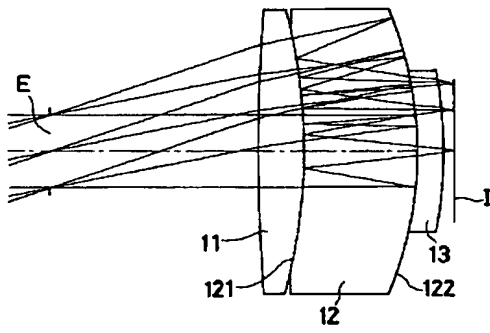
【図 14】



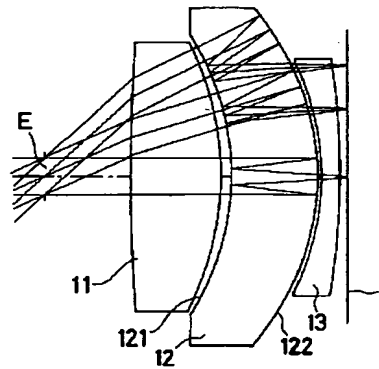
【図 15】



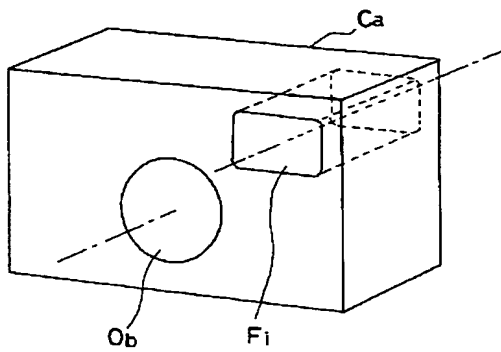
【図 16】



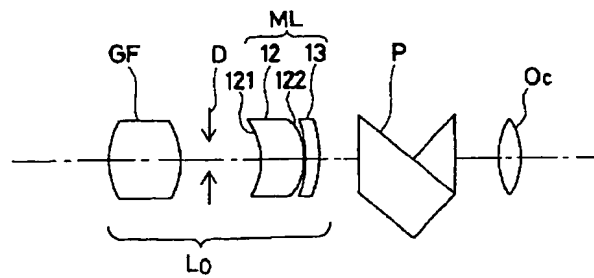
【図 17】



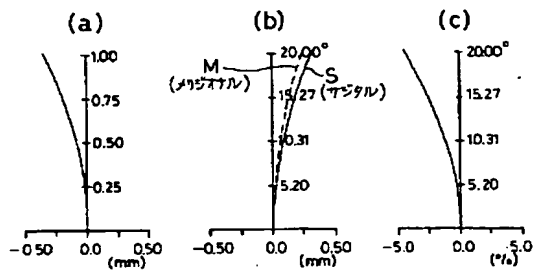
【図 27】



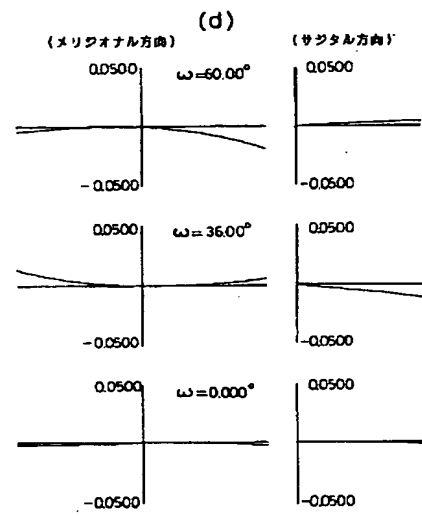
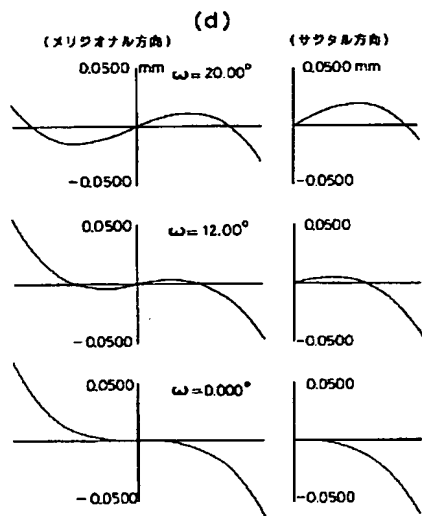
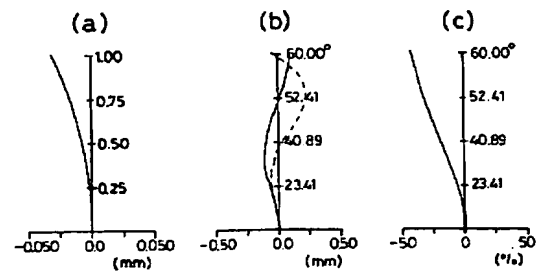
【図 28】



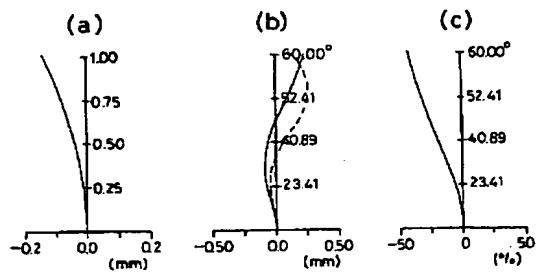
【図 1 8】



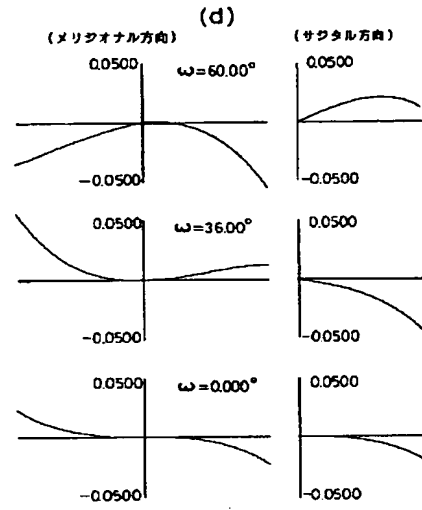
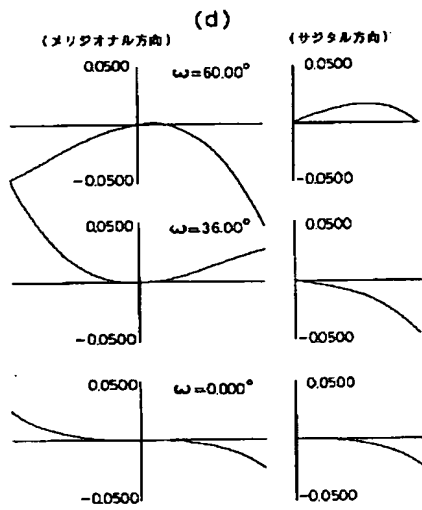
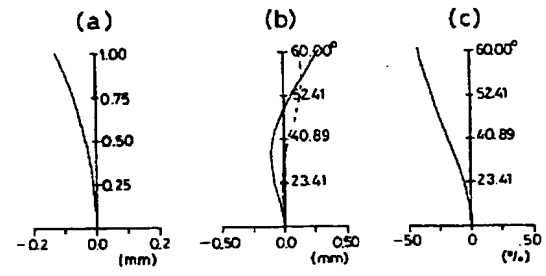
【図 1 9】



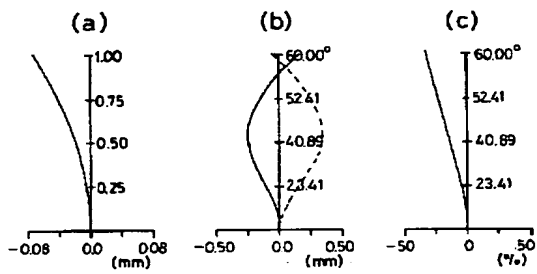
【図20】



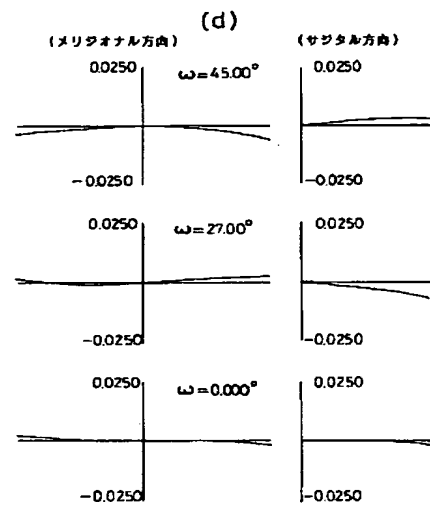
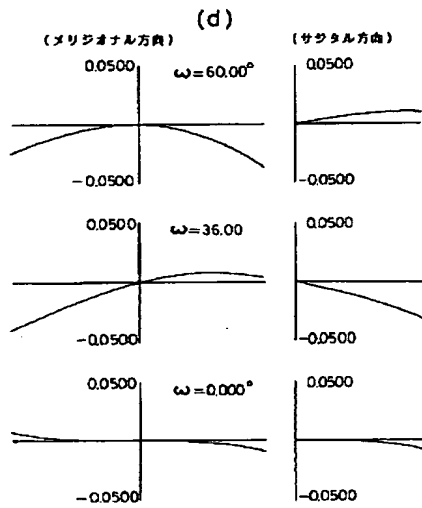
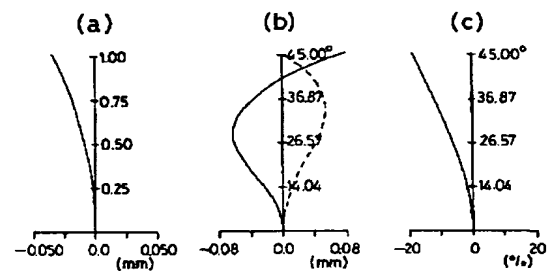
【図21】



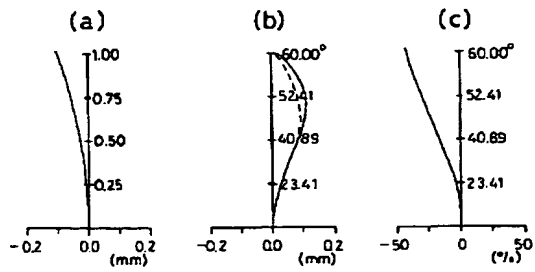
【図 2 2】



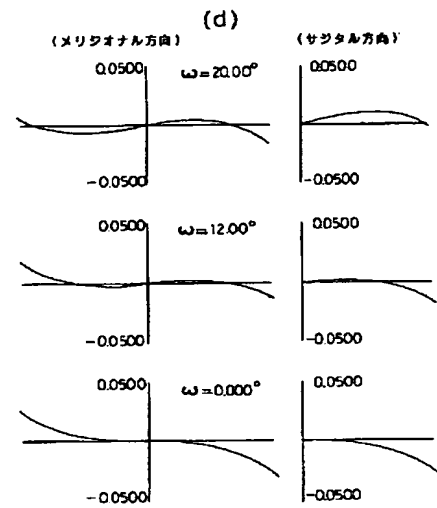
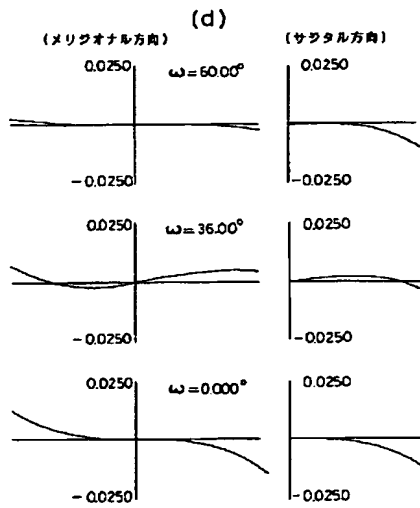
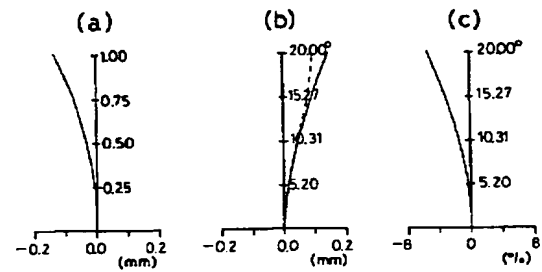
【図 2 3】



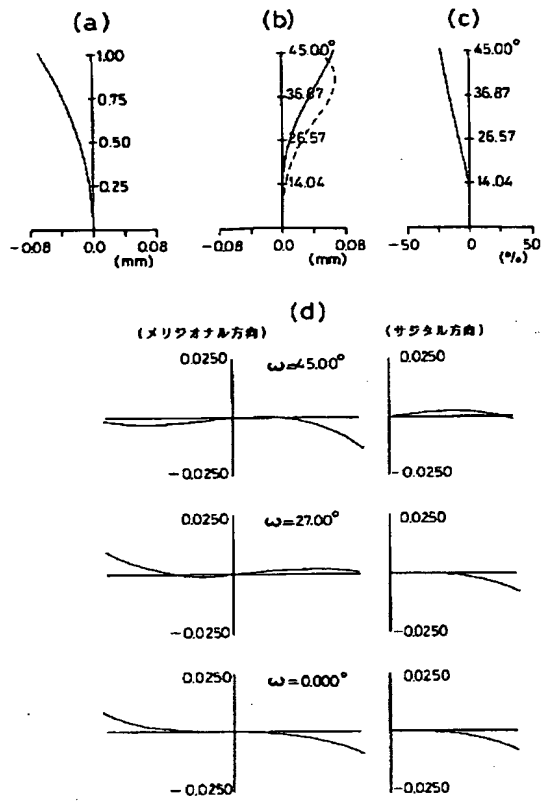
【図 2 4】



【図 2 5】



【図26】



【図29】

